



UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



小水电技术导则 设计

第6-3部分：金属结构

SHP/TG 002-6-3: 2019



免责声明

本导则未经联合国正式编辑。本导则内采用的名称和资料并不代表联合国工业发展组织的秘书处关于各国、领土、城市、地区或其当局的合法地位，以及关于国土、边界的界定、或对经济体系及其发展程度等问题的任何意见和立场。例如“发达的”、“工业化的”和“发展中”等一类词汇只为方便统计，未必表示一个国家或者地区的真实发展程度。本导则中提及的公司名称或者商业产品并非联合国工业发展组织为其代言。本导则尽可能保持内容的准确性，但联合国工业发展组织及其成员国均不对使用本导则可能产生的结果承担任何责任。本导则可被自由引用或转载，但需注明出处。

© 2019 UNIDO/INSHP – 版权所有

小水电技术导则 设计

第 6-3 部分：金属结构

鸣谢

本导则是联合国工业发展组织（UNIDO）和国际小水电联合会（INSHP）共同合作努力的成果，约 80 名国际专家和 40 家国际机构参与了导则的编制、同行审查，并提出了具体意见和建议，使导则更具实用性和专业性。

UNIDO 和 INSHP 非常感谢许多机构在制定本导则期间作出的贡献，特别是以下国际组织：

——东南部非洲共同市场（COMESA）

——全球区域可持续能源中心网（GN-SEC），特别是西非国家经济共同体可再生能源和能源效率中心（ECREEE）、东非可再生能源和能源效率中心（EACREE）、太平洋可再生能源和能源效率中心（PCREEE）和加勒比可再生能源和能源效率中心（CCREEE）。

中国政府推动了本导则的最终定稿，对其完成具有重要意义。

以下人士为编制本导则作出了贡献，包括有价值的投入、审查和提供建设性意见：Mr. Adnan Ahmed Shawky Atwa, Mr. Adoyi John Ochigbo, Mr. Arun Kumar, Mr. Atul Sarthak, Mr. Bassey Edet Nkposong, Mr. Bernardo Calzadilla-Sarmiento, Ms. Chang Fangyuan, Mr. Chen Changjun, Ms. Chen Hongying, Mr. Chen Xiaodong, Ms. Chen Yan, Ms. Chen Yueqing, Ms. Cheng Xialei, Ms. Chileshe Kapaya Matantilo, Ms. Chileshe Mpundu Kapwepwe, Mr. Deogratias Kamweya, Mr. Dolwin Khan, Mr. Dong Guofeng, Mr. Ejaz Hussain Butt, Ms. Eva Kremere, Ms. Fang Lin, Mr. Fu Liangliang, Mr. Garaio Donald Gafiye, Mr. Guei Guillaume Fulbert Kouhie, Mr. Guo Chenguang, Mr. Guo Hongyou, Mr. Harold John Annegam, Ms. Hou ling, Mr. Hu Jianwei, Ms. Hu Xiaobo, Mr. Hu Yunchu, Mr. Huang Haiyang, Mr. Huang Zhengmin, Ms. Januka Gyawali, Mr. Jiang Songkun, Mr. K. M. Dharesan Unnithan, Mr. Kipyego Cheluget, Mr. Kolade Esan, Mr. Lamyser Castellanos Rigoberto, Mr. Li Zhiwu, Ms. Li Hui, Mr. Li Xiaoyong, Ms. Li Jingjing, Ms. Li Sa, Mr. Li Zhenggui, Ms. Liang Hong, Mr. Liang Yong, Mr. Lin Xuxin, Mr. Liu Deyou, Mr. Liu Heng, Mr. Louis Philippe Jacques Tavernier, Ms. Lu Xiaoyan, Mr. Lv Jianping, Mr. Manuel Mattiat, Mr. Martin Lugmayr, Mr. Mohamedain Seif Elnasr, Mr. Mundia Simainga, Mr. Mukayi Musarurwa, Mr. Olumide TaiwoAlade, Mr. Ou Chuanqi, Ms. Pan Meiting, Mr. Pan Weiping, Mr. Ralf Steffen Kaeser, Mr. Rudolf Hüpfel, Mr. Rui Jun, Mr. Rao Dayi, Mr. Sandeep Kher, Mr. Sergio Armando Trelles Jasso, Mr. Sindiso Ngwenga, Mr. Sidney Kilmete, Ms. Sitraka Zarasoa Rakotomahefa, Mr. Shang Zhihong, Mr. Shen Cunke, Mr. Shi Rongqing, Ms. Sanja Komadina, Mr. Tareqemtairah, Mr. Tokihiko Fujimoto, Mr. Tovoniaina Ramanantsoa Andriampaniry, Mr. Tan Xiangqing, Mr. Tong Leyi, Mr. Wang Xinliang, Mr. Wang Fuyun, Mr. Wang Baoluo, Mr. Wei Jianghui, Mr. WU Cong, Ms. Xie Lihua, Mr. Xiong Jie, Ms. Xu Jie, Ms. Xu Xiaoyan, Mr. XuWei, Mr. Yohane Mukabe, Mr. Yan Wenjiao, Mr. Yang Weijun, Ms. Yan Li, Mr. Yao Shenghong, Mr. ZengJingnian, Mr. Zhao Guojun, Mr. Zhang Min, Mr. Zhang Liansheng, Mr. Zhang Zhenzhong, Mr. Zhang Xiaowen, Ms. Zhang Yingnan, Mr. Zheng Liang, Mr. Zheng Yu, Mr. Zhou Shuhua, Ms. Zhu Mingjuan.

使用中如有其他意见和建议，欢迎提供，以便再版更新。

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 设计内容和要求	1
5 设备选择和布置	1
5.1 一般要求	1
5.2 闸门布置	2
5.3 闸门门型和孔口尺寸	2
5.4 启闭机	2
5.5 制造运输及其他	3
5.6 表孔溢洪道金属结构布置	3
5.7 深式泄水孔金属结构布置	4
5.8 引水发电系统金属结构布置	4
6 水力设计和计算	5
6.1 闸门荷载计算	5
6.2 启闭力计算	9
6.3 通气孔面积计算	11
6.4 平面闸门门槽型式选择与计算	12
7 金属结构防腐	13
7.1 一般要求	13
7.2 涂料保护	13
7.3 金属热喷涂保护	13
7.4 牺牲阳极阴极保护	13
8 金属结构工程量	14
附录 A (资料性附录) 摩擦系数	15
附录 B (资料性附录) 半理论半经验公式系数	16

前 言

联合国工业发展组织(UNIDO)是旨在促进全球包容和可持续工业发展(ISID)的联合国专门机构。为联合国和各国未来 15 年可持续发展提供框架的《2030 年可持续发展议程》和联合国可持续发展目标,已将 ISID 列为其可持续发展的三大支柱之一。能源对经济、社会发展和提高生活质量不可或缺,UNIDO 的 ISID 任务明确将支持建立可持续能源体系。过去 20 年里,国际社会对能源的关注和讨论越来越多,扶贫、环境风险和气候变化等问题正成为焦点。

国际小水电联合会(INSHP)是一个协调和促进全球小水电发展的国际组织,各区域、次区域和国家对口单位、相关机构、公共单位和企业自愿加入,以社会效益为其主要目标。INSHP 旨在通过发达国家、发展中国家和国际组织间的三方经济技术合作促进全球小水电发展,为广大发展中国家的农村提供环保、负担得起、充足的能源,从而增加就业机会、改善生态环境、减少贫困、提高农村生活文化水平和经济发展水平。

UNIDO 和 INSHP 自 2010 年起合作编制的《世界小水电发展报告》显示,全球对小水电的需求和其发展程度并不匹配,技术缺乏是大多数国家发展小水电的主要障碍之一。UNIDO 和 INSHP 决定基于成功发展经验并通过全球专家合作,共同编制《小水电技术导则》(简称导则)以满足各成员国的需求。

本导则根据 ISO/IEC 指令第二部分(详见 www.iso.org/directives)的编制规则起草。

提请注意,本导则中的一些内容可能涉及专利权问题。UNIDO 和 INSHP 不负责识别任何此类专利权问题。

引 言

小水电是广泛认可的解决偏远农村地区电气化问题的重要可再生能源。尽管欧洲、北美、南美和中国等大多数国家都拥有很高的装机容量,但许多发展中国家受到许多因素的阻碍(包括缺乏全球认可的小水电好案例或标准),仍有大量小水电资源未得到开发。

本导则将通过应用全球现有的专门知识和最佳实践,解决目前缺乏适用于小型水电站的技术导则的问题,让各国利用这些达成共识的导则来支持他们目前的政策、技术和生态环境。对于机构和技术能力有限的国家,将夯实他们发展小水电的知识基础,从而制定鼓励小水电发展的优惠政策和吸引更多的小水电投资,以促进国家经济发展。本导则对所有国家都是有益的,特别是在技术知识比较缺乏的国家中分享经验和最佳实践。

本导则适用于装机容量 30 MW 及以下的小型水电站,可作为小型水电站规划、设计、建设和管理的技术性指导文件。

- 《小水电技术导则 术语》给出了小型水电站常用的专业技术术语和定义。
- 《小水电技术导则 设计》给出了小型水电站设计的基本技术要求、方法学和程序,专业涵盖了电站选址规划、水文、工程地质、工程布置、动能计算、水工、机电设备选型、施工、工程造价估算、经济评价、投资、社会与环境评价等。
- 《小水电技术导则 机组》对小型水电站水轮机、发电机、调速系统、励磁系统、主阀和监控保护及直流电源系统设备提出了具体的技术要求。
- 《小水电技术导则 施工》对小型水电站施工技术提出了规范性指导意见。
- 《小水电技术导则 管理》对小型水电站项目管理、运行维护、技术改造和工程验收等技术方面提出了规范性指导意见。

小水电技术导则 设计

第 6-3 部分:金属结构

1 范围

本部分规定了小型水电站对金属结构设备选择和布置、水力设计和计算、金属结构防腐等的具体要求。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改)适用于本文件。

SHP/TG 001 小水电技术导则 术语和定义

3 术语和定义

SHP/TG 001 界定的术语和定义适用于本文件。

4 设计内容和要求

4.1 金属结构包括拦污栅、闸门、清污机和启闭设备。在进行金属结构设计,包括总体布置、选型、制造、安装时,应与其他专业密切配合,进行全面分析,作出最优设计。

4.2 金属结构设计文件编制,应了解工程任务、运用条件和要求、水位控制要求、弃水和漏水的影响、工程总体布置、施工进度与安排,特别是对水工建筑物的布置和施工安排。

4.3 设计闸门的基础资料应包括有关法规或规范及环境保护等对工程运行的要求或规定。还应根据具体情况准备下列有关资料:

- a) 工程的任务和水工建筑物的布置;
- b) 闸门的孔口尺寸和运用条件;
- c) 水文、泥沙、水质、冰情、漂浮物和气象方面的情况;
- d) 闸门的材料、制造、运输和安装方面的条件;
- e) 地震及其他特殊要求等。

5 设备选择和布置

5.1 一般要求

5.1.1 金属结构总体布置内容应包括确定闸门、启闭机的设置位置,明确孔口尺寸、闸门型式、数量、运行方式以及与运行有关的布置要求。

5.1.2 金属结构的布置和型式,应结合工程的整体规划和水工建筑物的总体布置,进行技术经济比较,选用质量可靠、安全适用、技术先进、经济合理的设计方案。

5.2 闸门布置

5.2.1 闸门在水工建筑物中的布置宜保持水流平顺,避免出现门前横向流和漩涡、门后淹没出流和回流现象。闸门布置在进口时,应避免闸门底部和顶部同时过水。

5.2.2 对重要的深底孔闸门或采取水力操作的闸门,应选择合理的水道布置和体形,保证闸门及门槽段获得良好的水力条件。

5.2.3 当水工建筑物有泄洪或发电等要求时,孔口应布置在不同高程,在平面上宜错开布置,不宜重叠。

5.2.4 引水发电系统设置的闸门,应按照机组的保护要求以及引水发电系统的布置特点,综合考虑闸门的布置、型式和操作运行方式。在多泥沙多污物的河流上,电站进水口附近一般设置泄沙排污底孔或排沙廊道。

5.2.5 两道闸门之间或闸门与拦污栅之间的最小净距应满足门槽混凝土强度与抗渗、启闭机布置与运行、闸门安装与维修和水力学条件等因素的要求,且不宜少于 1.50 m。

5.2.6 露顶式闸门顶部应在可能出现的最高挡水位以上有 0.3 m~0.5 m 的超高。

5.2.7 具有防洪功能的泄水和水闸系统工作闸门的启闭机应设置备用电源或动力。

5.2.8 永久建筑物的潜孔式闸门门后不能充分通气时,应在紧靠闸门下游的孔口顶部设置通气孔,其上端应与启闭机室分开,并应有防护设施。

5.2.9 闸门的平压设施宜采用设置于门体上的充水阀,也可采用节间充水、小开度充水或其他有效设施。平压设施的操作应和闸门启闭联动,并应在启闭机上设置小开度的行程开关。对机组尾水闸门的平压设施宜利用机组排水系统从下游充水。

5.3 闸门门型和孔口尺寸

5.3.1 闸门的门型应根据工程对闸门的运行要求、闸门工作条件和启闭机型式,并结合各类闸门的特点,通过技术经济比较选定。

5.3.2 闸门的孔口尺寸应满足过闸流量、闸门承受的总水压力、运行条件以及闸门和启闭机的制造安装等要求。

5.3.3 当水头高时,宜采用宽高比小的孔口;当水头低时,宜采用宽高比大的孔口。

5.4 启闭机

5.4.1 在总体布置中,应比较各种类型启闭机优缺点,分析闸门的启闭运用方式,除考虑启闭机本身的功用,还需考虑其他应用的可能与必要性。

5.4.2 启闭机型式,可根据闸门型式、尺寸、孔口数量及运行条件等因素按以下要求选用:

- a) 靠自重或加重关闭和要求在短时间内全部开启的闸门宜选用固定卷扬式启闭机或液压启闭机。
- b) 需要短时间内全部开启或有下压力要求的闸门宜选用液压启闭机。
- c) 孔数多且不需要同时局部均匀开启的平面闸门宜选用移动式启闭机。启闭机台数应根据开启闸门的时间要求确定,并考虑有适当的备用量。门式启闭机应兼顾坝面金属结构设备及大坝的检修需要。
- d) 需要下压力的小型闸门宜选用螺杆式启闭机。
- e) 选用启闭机的启闭容量不应小于计算启闭力,应留一定的安全余量。

5.4.3 启闭机扬程可根据运行条件决定,并应满足以下要求:

- a) 溢流闸门可提出水面以上 1 m~2 m。
- b) 快速闸门可提到孔口以上 0.5 m~1.0 m。

c) 闸门检修更换可提到检修平台以上 0.5 m~1.0 m。

5.4.4 当采用移动式启闭机操作多孔口闸门或闸门在操作过程中吊杆装卸频繁时,宜采用自动挂脱梁。其型式可根据工作条件选用机械式或液压式等。闸门设置自动挂脱梁时,应满足以下要求:

- a) 闸门宜设置上游止水。如闸门设置下游止水时,应注意自动挂脱梁水下工作的可靠性;
- b) 自动挂脱梁入水工作时,应注意水流扰动对其稳定性的影响;
- c) 门槽施工安装精度能适应自动挂脱梁能在多孔口槽内使用;
- d) 自动挂脱梁应设导向、定位、安全装置和排气(水)孔;
- e) 自动挂脱梁应作静平衡试验,入槽前不应有倾斜、阻卡等现象;
- f) 当工作温度低于 0℃时,还应有防止操作时或入水后挂脱部件结冰的措施。

5.5 制造运输及其他

5.5.1 在进行闸门总体布置时,闸门的制造材料及定型闸门所需的零部件种类数量应尽量少,宜采用标准化、定型化的产品。

5.5.2 闸门制造时的加工工艺与安装时拼装焊接等技术,应避免采用特殊的装置与设备。

5.5.3 平面闸门应作静平衡试验。当闸门的倾斜值超过设计要求时,应予配重。

5.5.4 设备运输时,宜采用便于分件、分件少、件小件轻、刚度大的门型或材料,尽量避免设备尺寸超限、超重的情况。

5.5.5 在施工或运行期间,对闸门及部件的存放、拼装、检修和锁定场所,都应有总体设计和布置,便于操作、维修和安全适用。

5.5.6 应根据当地气候等情况如日照、气温、雨量、雷电、风沙等,综合考虑设置启闭机房的必要性和启闭机类型、运行与检修情况及上述闸门部件拼装、存放、检修场所等。启闭机房与拼装场地均应保证运行操作人员的安全与方便。机房及场地内的闸门井口边缘应设置防止杂物滚落井中的结构措施。

5.5.7 应合理布置备用动力的设置地点。

5.5.8 在寒冷有冰冻地区,应对冬季有操作要求的闸门结构及门槽采取因地制宜的防冰冻措施。

5.6 表孔溢洪道金属结构布置

5.6.1 检修闸门及启闭设备应按以下要求进行:

- a) 在溢洪道工作闸门的上游,宜设置检修闸门。检修闸门的型式可采用平面滑动闸门,也可以根据工程实际情况采用叠梁或浮式叠梁。
- b) 当水库水位每年有足够的连续时间低于闸门底槛,并能满足工作闸门的检修要求时,也可不设检修闸门。但如果该时段由于气候严寒等原因而不适宜于检修时,仍应设置检修闸门。
- c) 露顶式泄流孔口的闸门前一般不设事故闸门,但对于某些重要工程,或兼有过木要求的溢洪道工作闸门,必要时也可设置事故闸门。
- d) 当溢洪道采用平面工作闸门并设有移动式启闭机操作时,可采用增设 1~2 扇备用工作闸门的方法来解决工作闸门及其门槽的检修。
- e) 当泄水系统中的多孔口工作闸门设有移动式启闭机操作时,其检修闸门应考虑多孔共用,具体设置数量需视孔口数量、工程重要性以及工作闸门的适用状况和维护条件等因素综合考虑。

5.6.2 表孔工作闸门的型式及高程应考虑以下因素:

- a) 表孔溢洪道工作闸门的选型,应根据枢纽的运行要求,闸门的工作条件、启闭机型式和技术经济指标等因素综合考虑。可采用平面闸门和弧形闸门。
- b) 闸门底缘在堰顶上坐落的位置,宜设于最高堰顶略偏下游处。当工作闸门上游同时设有检修

闸门时,其位置还应满足启闭机的布置及闸门的安装、运行和维护检修的要求,但不宜设置过低。

5.6.3 溢洪道、水闸系统工作闸门的操作设备,应设有可靠的常用电源和备用动力。备用动力宜采用柴油发电机组。对于启闭力较小的启闭设备,应设置手动装置作为备用动力,但闸门开启时间应满足洪水调度要求。

5.7 深式泄水孔金属结构布置

5.7.1 事故闸门、检修闸门及启闭设备可按以下要求设计:

- a) 深式泄水孔应设事故闸门,满足工作闸门所在水道的上游或下游发生事故时能在动水中关闭孔口,也可用于挡水或兼作检修闸门。
- b) 深孔事故闸门的位置和门槽体形的选定,应有利于所在水道或进口段水力学条件的改善,通常可参照已建工程的类似经验或通过必要的水力模型试验加以择定。
- c) 当深式泄水孔为无压孔并设有移动式启闭机操作闸门时,其进口事故闸门的设置套数,可考虑几个孔口共用一扇闸门。但当深式泄水孔为有压孔,工作闸门设置于出口处时,每个孔口可单独设置一扇闸门。
- d) 当深式泄水孔下游水位经常淹没底槛时,必要时应设置下游检修闸门。
- e) 排沙孔的布置应尽量靠近发电、灌溉的进水口或船闸闸首等需要排沙的部位。排沙孔进口段宜设置进口闸门。根据排沙闸门的具体条件,必要时可设置高压水枪。

5.7.2 深孔工作闸门的型式可按以下要求确定:

- a) 弧形闸门:深孔泄流控制设备可优先选用弧形闸门。当闸门孔口尺寸较大,且操作水头大于50 m时,或者考虑改善深孔工作闸门的水力学条件及有部分开启要求时,宜选用弧形闸门。
- b) 平面闸门:当改善拱坝内泄水道的出口布置,或者当深孔闸门不作部分开启运用且对门槽作出妥善设计时,可采用平面闸门。
- c) 锥形阀:当布置条件能妥善解决自由射流对电站下游建筑层设备等的不良影响时,可采用锥形阀作为深孔工作门。

5.7.3 深孔工作闸门及启闭设备可按以下要求设计:

- a) 工作闸门应设于进口有压短管的末端,门后接无压明流段,门前压力段宜保持有一定的收缩率,其进出口面积之比可为1.5~1.7。
- b) 深式泄水孔的无压明流段在平面上宜作直线布置。若泄水隧洞有弯道时,工作闸门尚宜布置在最末弯道下游水流平稳的直段上。
- c) 当工作闸门设置在有压深式泄水孔中段时,可通过选择合宜的出口收缩压板和孔身压力坡线,增大孔内压力,改善进口和闸槽附近的压力分布条件。闸门启闭过程中,应避免有压流和无压流交替出现。当工作闸门及启闭机械设于有压孔的出口时,可采用弧形闸门,但应注意处理好弧门推力传递的支承结构。如出口选用平面闸门,为改善水力条件可采用超空穴射流门槽。

5.8 引水发电系统金属结构布置

5.8.1 进水口拦污栅、清污机及启闭设备可按以下要求设计:

- a) 拦污栅应根据电站的重要性,杂物的性质、数量及对拦污栅的要求来设置,从布置上宜利用水流流向及有利的地形位置等条件,宜避免和减少杂物在拦污栅前沿积聚,并使进栅水流平顺、阻力损失小、清理方便,以及便于安装、检修和更换。拦污栅的布置应满足水电站进水口的形式要求。

- b) 拦污栅的设计荷载,应根据河流污物性质、数量及清污措施决定。引水发电系统的拦污栅,宜采用水位差 2 m~4 m 设计,特殊情况具体分析确定。对污物较多的、清污条件差的河流,适当提高设计水头。
- c) 拦污栅的清污方式可采用人工清除、机械清除和提栅清除等几种方式。

5.8.2 进水口检修闸门及启闭设备可按以下要求设计:

- a) 进水口处宜设置检修闸门。检修闸门的形式可选用平面滑动闸门。
- b) 当电站机组利用小时较低,停机时间较长,且能满足事故或快速闸门的检修要求,并对门槽等埋设件采取适当安全措施保证施工质量时,也可不设进口检修闸门。
- c) 当多机组电站进口检修闸门设有移动式启闭机操作时,闸门可设置多孔共用,其设置数量应根据孔口数量、工程重要性以及事故或快速闸门的适用状况、维修条件等因素确定,一般 3~6 台机组可设置进口检修闸门一套;6 台机组以上,每增加 4~6 台可增设一套。
- d) 可将检修闸门与拦污栅共槽布置,门槽及其埋设件的设置应满足闸门和拦污栅的启闭要求,结构强度还应按照检修闸门设计。

5.8.3 进水口事故闸门及启闭设备可按以下要求设计:

- a) 当机组或钢管要求闸门作事故保护时,对坝后式电站,其进水口应设置快速闸门和检修闸门;引水式电站,除在明管及水轮机前不设进水阀的地下埋管首端设置快速闸门外,宜在长引水道进口处设置事故闸门。河床式水电站,当机组有可靠防飞逸装置,其进水口宜设置事故闸门和检修闸门。经过论证,事故闸门具备检修条件,也可不设置检修闸门。对贯流式机组电站,进水口应设置拦污栅、检修闸门(或事故闸门),尾水出口应设置事故闸门(或检修闸门)。
- b) 事故闸门应根据水轮机组或压力钢管的事故保护要求进行设置,当机组发生事故而导水机构关闭失灵时,或当压力钢管发生意外事故时,事故闸门应能紧急关闭。当引水管道或机组检修时,可用于挡水,兼作检修闸门。
- c) 对于引水式电站,应在引水道进口设置检修闸门或事故闸门。对于长引水道调压井处的压力管道进水口宜设置快速闸门或事故闸门。
- d) 当水电站快速或事故闸门设于调压井内并经常停放于门槽内时,应考虑调压井涌浪对闸门停放或下降的不利影响。
- e) 快速闸门的关闭时间,应满足对机组防飞逸和压力钢管保护的要求,其下降速度,在接近底坎时,宜不大于 5 m/min。
- f) 快速闸门的启闭设备,应有就地操作和远方操作的两套系统,并应配有可靠的电源。
- g) 电站进水口事故(快速)闸门和检修闸门,宜在静水中开启。在电站进水口应设有可靠的测压设施。

5.8.4 尾水闸门及启闭设备可按以下要求设计:

- a) 水轮发电机组尾水检修闸门宜在静水中启闭。对进水口设置检修闸门的贯流式机组电站,则尾水出口应设置事故闸门。
- b) 尾水检修闸门通常采用平面滑动闸门,一般 3~6 台机组可设置两套,6 台机组以上,每增加 4~6 可再增设一套。闸门多孔共用时宜配置移动式启闭机。
- c) 尾水闸门的充水平压,宜从尾水方向引水。

6 水力设计和计算

6.1 闸门荷载计算

6.1.1 作用在闸门上的静水压力可按表 1 中的公式计算。

表 1 静水压力计算

序号	水压力图形	计算公式
1		<p>总水压力: $P = \frac{1}{2} \gamma H_s^2 B_{zs}$</p> <p>$P$ 力作用点位置: $H_c = \frac{2}{3} H_s$</p>
2		<p>总水压力: $P = \frac{1}{2} \gamma (H_s^2 - H_x^2) B_{zs}$</p> <p>$P$ 力作用点位置: $H_c = \frac{1}{3} \left(2H_s - \frac{H_x^2}{H_s + H_x} \right)$</p>
3		<p>总水压力: $P = \frac{1}{2} \gamma (2H_s - h) h B_{zs}$</p> <p>$P$ 力作用点位置: $H_c = H_s - \frac{h}{3} \cdot \frac{3H_s - 2h}{2H_s - h}$</p>
4		<p>总水压力: $P = \gamma (H_s - H_x) h B_{zs}$</p> <p>$P$ 力作用点位置: $H_c = H_s - \frac{1}{2} h$</p>
5		<p>总水压力: $P = \frac{1}{2} \gamma [(2H_s - h) h - H_x^2] B_{zs}$</p> <p>$P$ 力作用点位置: $H_c = \frac{3H_s H_x^2 - H_x^3 - 6H_s^2 h + 6H_s h^2 - 2h^3}{3H_x^2 - 6H_s h + 3h^2}$</p>
6		<p>$P = \frac{1}{2} \gamma H_s^2 B_{zs}$</p> <p>$V_s = \frac{1}{2} \gamma R^2 \left[\frac{\pi \phi}{180} + 2 \sin \phi_1 \cos \phi_2 - \frac{1}{2} (\sin 2\phi_1 + \sin 2\phi_2) \right] B$</p> <p>$P_x = \frac{1}{2} \gamma H_x^2 B$</p> <p>$V_x = \frac{1}{2} \gamma R^2 \left[\frac{\pi \beta}{180} + 2 \sin \beta_1 \cos \beta_2 - \frac{1}{2} (\sin 2\beta_1 + \sin 2\beta_2) \right] B$</p> <p>总水压力: $P = \sqrt{(P_s - P_x)^2 + (V_s - V_x)^2}$</p>

表 1 (续)

序号	水压力图形	计算公式
7		$\phi_1 < \phi_2$ $P_s = \frac{1}{2} \gamma H_s^2 B$ $V_s = \frac{1}{2} \gamma R^2 \left[\frac{\pi \phi}{180} - 2 \sin \phi_1 \cos \phi_2 - \frac{1}{2} (\sin 2\phi_2 - \sin 2\phi_1) \right] B$ $P_x = \frac{1}{2} \gamma H_x^2 B$ $V_x = \frac{1}{2} \gamma R^2 \left[\frac{\pi \beta}{180} + 2 \sin \beta_1 \cos \phi_2 - \frac{1}{2} (\sin 2\beta_1 + \sin 2\phi_2) \right] B$ $\text{总水压力: } P = \sqrt{(P_s - P_x)^2 + (V_s - V_x)^2}$
8		$\phi_1 > \phi_2$ $P_s = \frac{1}{2} \gamma H_s^2 B$ $V_s = \frac{1}{2} \gamma R^2 \left[\frac{\pi \phi}{180} - \sin 2\phi_2 - \sin(\phi_1 - \phi_2) - 2 \sin \phi \sin^2 \left(\frac{\phi_1 - \phi_2}{2} \right) \right] B$ $P_x = \frac{1}{2} \gamma H_x^2 B$ $V_x = \frac{1}{2} \gamma R^2 \left[\frac{\pi \beta}{180} + 2 \sin \beta_1 \cos \phi_2 - \frac{1}{2} (\sin 2\beta_1 + \sin 2\phi_2) \right] B$ $\text{总水压力: } P = \sqrt{(P_s - P_x)^2 + (V_s - V_x)^2}$
9		$P_s = \frac{1}{2} \gamma (H_s + H'_s) h B$ $V_s = \frac{1}{2} \gamma R^2 \left[\frac{\pi \phi}{180} + 2 \sin \phi_1 \cos \phi_2 - \frac{1}{2} (\sin 2\phi_1 + \sin 2\phi_2) + \frac{2H'_s}{R} (\cos \phi_1 - \cos \phi_2) \right] B$ $P_x, V_x, P \text{ 计算公式同本表序号 6}$ <p>式中:</p> <ul style="list-style-type: none"> P_s —— 上游水平分力, kN; V_s —— 上游垂直分力, kN; P_x —— 下游水平分力, kN; V_x —— 下游垂直分力, kN; H_s —— 上游水头, m; H_x —— 下游水头, m; R —— 弧门面板曲率半径, m; γ —— 水的容重, 一般对淡水可取 10 kN/m³; B_{zs} —— 两侧止水间距, m; B —— 孔口宽度, m; h —— 闸门高度, 计算到顶止水, m。

6.1.2 作用在闸门上的动水压力,可按下列规定计算:

- a) 高水头下经常动水操作的工作闸门或经常局部开启的工作闸门,设计时应考虑闸门各部件承受不同程度的动力荷载,可根据闸门不同型式及其水流条件将作用在闸门不同部件上的静荷载分别乘以不同的动力系数。动力系数值宜取 1.0~1.2。对露顶式弧门主梁与支臂宜取 1.1~1.2。工程中水流条件复杂的重要工作闸门,其动力系数应作专门研究。当进行闸门刚度验算时,不应考虑动力系数。
- b) 当采用如图 1 所示底缘形式时,上托力可按公式(1)计算:

$$P_t = \gamma\beta_t H_s D_1 B_{zs} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- P_t ——上托力,kN;
- H_s, D_1 ——见图 1, m;
- B_{zs} ——两侧止水距离, m;
- γ ——水的容重, kN/m³;
- β_t ——上托力系数,当验算闭门力时,按闸门接近完全关闭时的条件考虑,取 $\beta_t = 1.0$,当计算持住力时,按闸门的开度考虑, β_t 可参照表 2 取用,特殊情况应通过水工模型试验论证;表 2 中 β_t 值适用于闸后明流流态,且对泄水道闸门, $0 < a < 0.5H$ (H 为引水道的孔高);对电站快速闸门, $0 < a < a_k$ (a_k 为电站快速闸门关闭时闸后明满流转换临界开度;关于临界开度的确定问题,可根据已成工程类比或参考有关试验研究报告计算,必要时可通过水工模型试验确定;在一般情况下,亦可暂按 $a_k = 0.5H$ 估算)。

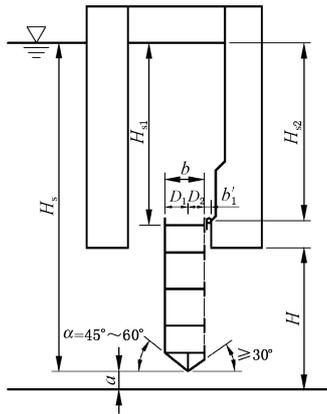


图 1 闸门底缘示意图

表 2 上托力系数 β_t

$\alpha(^{\circ})$	a/D_1				
	2	4	8	12	16
60°	0.8	0.7	0.5	0.4	0.25
52.5°	0.7	0.5	0.3	0.15	—
45°	0.6	0.4	0.1	0.05	—

注: a —— 闸门开启高度, m;
 D_1 —— 闸门底止水至上游面板的距离, m;
 α —— 闸门底缘的上游倾角(见图 1)。

- c) 下吸力可按公式(2)计算,当溢流坝闸门、水闸闸门和坝内明流底孔闸门底缘布置符合图 1 要求以及下游流态良好、通气充分时,可不计下吸力:

$$P_s = p_s D_2 B_{zs} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

P_s —— 下吸力, kN;

D_2 —— 闸门底缘止水至主梁下翼缘的距离, m;

p_s —— 闸门底缘 D_2 部分的平均下吸强度, 可按 20 kN/m² 计算, 当流态良好、通气充分并符合图 1 闸门底缘布置要求时, 可适当减少。

6.1.3 作用在闸门上的水平淤沙压力可按公式(3)和公式(4)计算, 当闸门挡水面倾斜时, 应计及竖向淤沙压力。

$$P_n = \frac{1}{2} \gamma_n h_n^2 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) B \dots\dots\dots (3)$$

$$\gamma_n = \gamma_0 - (1 - n) \gamma_w \dots\dots\dots (4)$$

式中:

P_n —— 淤沙压力, kN;

γ_n —— 淤沙的浮容重, kN/m³;

γ_0 —— 淤沙的干容重, kN/m³;

γ_w —— 水的容重, kN/m³;

n —— 淤沙的孔隙率;

h_n —— 闸门前泥沙淤积厚度, m;

B —— 闸门前泥沙淤积宽度, m;

ϕ —— 淤沙的内摩擦角, (°)。

6.1.4 漂浮物撞击力可按公式(5)计算:

$$P_z = \frac{W_p v}{gt} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

P_z —— 漂浮物撞击力, kN;

W_p —— 漂浮物重量, kN, 根据河流中漂浮物情况, 按实际调查确定;

v —— 水流速度, m/s;

g —— 重力加速度;

t —— 撞击时间, s, 应根据实际资料估算。

6.2 启闭力计算

6.2.1 平面闸门启闭力应按以下方法计算:

a) 动水中启闭的闸门启闭力计算应包括闭门力、持住力、启门力的计算, 具体计算方法按下列规定:

1) 闭门力按公式(6)计算。计算结果为正值时, 需要加重(加重方式有加重块、水柱或机械下压力等); 为负值时, 依靠自重可以关闭。

$$F_w = n_T (T_{zd} + T_{zs}) - n_G G + P_t \dots\dots\dots (6)$$

2) 持住力按公式(7)计算:

$$F_T = n'_G G + G_j + W_s + P_x - P_t - (T_{zd} + T_{zs}) \dots\dots\dots (7)$$

3) 启门力按公式(8)计算:

$$F_Q = n_T (T_{zd} + T_{zs}) + P_x + n'_G G + G_j + W_s \dots\dots\dots (8)$$

4) 滑动轴承的滚轮摩阻力按公式(9)计算:

$$T_{zd} = \frac{P}{R} (f_1 r + f) \dots\dots\dots (9)$$

5) 滚动轴承的滚轮摩阻力按公式(10)计算:

$$T_{zd} = \frac{Pf}{R} \left(\frac{R_1}{d} + 1 \right) \dots\dots\dots(10)$$

6) 滑动支承摩阻力按公式(11)计算:

$$T_{zd} = f_2 P \dots\dots\dots(11)$$

7) 止水摩阻力按公式(12)计算:

$$T_{zs} = f_3 P_{zs} \dots\dots\dots(12)$$

式中:

- F_w, F_T, F_Q ——分别为闭门力、持住力和启门力, kN;
- n_T ——摩擦阻力安全系数, 可采用 1.2;
- n_G ——计算闭门力用的闸门自重修正系数, 可采用 0.9~1.0;
- n'_G ——计算持住力和启门力用的闸门自重修正系数, 可采用 1.0~1.1;
- G ——闸门自重, kN, 当有吊杆时应计入吊杆重量; 计算闭门力时可不计吊杆的重量, 门重可采用浮重;
- W_S ——作用在闸门上的水柱压力, kN;
- G_j ——加重块重量, kN;
- P_t ——上托力, kN; 包括底缘上托力及止水上托力, 底缘上托力可按式(1)进行计算;
- P_x ——下吸力, kN, 可按式(2)进行计算;
- T_{zd} ——支承摩阻力, kN;
- P ——作用在闸门上的总水压力, kN;
- r ——滚轮轴半径, mm;
- R_1 ——滚动轴承的平均半径, mm;
- R ——滚轮半径, mm;
- d ——滚动轴承滚柱或滚珠的直径, mm;
- f ——滚动摩擦力臂, mm, 按附录 A 确定;
- T_{zs} ——止水摩阻力, kN;
- P_{zs} ——作用在止水上压力, kN;
- f_1, f_2, f_3 ——滑动摩擦系数, 计算持住力应取小值, 计算启门力、闭门力应取大值, 按附录 A 确定。

b) 静水中开启的闸门, 其启闭力计算除计入闸门自重和加重外, 尚应考虑一定的水位差引起的摩阻力。露顶式闸门和电站尾水闸门可采用不大于 1 m 的水位差; 潜孔式闸门可采用 1 m~5 m 的水位差。对有可能发生淤泥、污物堆积等情况时, 尚应酌情增加。

6.2.2 弧形闸门启闭力应按以下方法计算:

a) 闭门力按公式(13)计算。计算结果为正值时, 需加重, 为负值时, 依靠自重可以关闭。

$$F_w = \frac{1}{R_1} [n_T(T_{zd}r_0 + T_{zs}r_1) + P_t r_3 - n_G Gr_2] \dots\dots\dots(13)$$

b) 启门力按公式(14)计算:

$$F_Q = \frac{1}{R_2} [n_T(T_{zd}r_0 + T_{zs}r_1) + n'_G Gr_2 + G_j R_1 + P_x r_4] \dots\dots\dots(14)$$

式中:

- r_0, r_1, r_2, r_3, r_4 ——分别为转动铰摩阻力、止水摩阻力、闸门自重、上托力和下吸力对弧形闸门转动中心的力臂, m;

- R_1, R_2 ——分别为加重(或下压力)和启门力对弧形闸门转动中心的力臂, m;
- T_{zs} ——止水摩阻力, 按公式(12)计算。

其他符号意义同前。

- c) 弧形闸门在启闭运动过程中, 力的作用点、方向和力臂随运动而变化, 因此, 必要时可绘制启闭力过程线, 以决定最大值。

6.2.3 拦污栅启吊力应按以下方法计算:

- a) 在静水中启吊时其启吊力按公式(15)计算:

$$F_Q \geq n'_G G + n_m m \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中:

- F_Q ——拦污栅启吊力, kN;
- n_m ——污物的超重系数, 可采用 1.2;
- m ——污物的重量, kN, 按栅条间部分堵塞考虑, 堵塞面积可根据污物情况决定;
- G ——拦污栅自重, kN;
- n'_G ——自重修正系数, 采用 1.0~1.1。

- b) 在动水中启吊时, 其启吊力除按公式(15)计算外, 还应考虑拦污栅部分堵塞后形成水位差的影响, 选用水位差不得大于 2 m。

6.3 通气孔面积计算

6.3.1 设于泄水管道中的工作闸门或事故闸门, 其门后通气孔面积可按经验公式(16)和公式(17)计算, 也可按半理论半经验公式(18)和公式(19)及公式(16)计算:

$$A_a \geq \frac{Q_a}{[v_a]} \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$Q_a = 0.09 v_w A \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$\beta = \frac{Q_a}{Q_w} = K (F_r - 1)^{[a \ln(F_r - 1) + b]} - 1 \quad \dots\dots\dots(18)$$

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{9.81e}} \quad \dots\dots\dots(19)$$

式中:

- A_a ——通气孔的断面面积, m²;
- Q_a ——通气孔的充分通气量, m³/s;
- $[v_a]$ ——通气孔的允许风速, m/s, 采用 40 m/s, 对小型闸门可采用 50 m/s;
- v_w ——闸门孔口的水流速度, m/s;
- A ——闸门后管道面积, m²。
- β ——气水比, 通气流量与泄水流量之比;
- Q_w ——闸门一定开启高度下的流量, m³/s;
- F_r ——闸门孔口断面的弗劳德数;
- v ——闸门孔口断面平均流速, m/s;
- e ——闸门开启高度, m;
- K, a, b ——各区间的系数, 见附录 B。

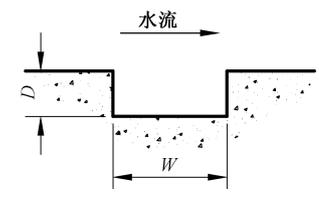
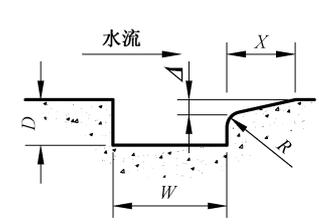
6.3.2 引水发电管道快速闸门门后通气孔面积可按发电管道面积的 4%~7%选用, 事故闸门的通气孔面积可酌情减少。

6.3.3 检修闸门门后通气孔面积, 可根据具体情况选定, 不宜小于充水管面积。

6.4 平面闸门门槽型式选择与计算

6.4.1 泄水系统平面闸门的门槽型式,可选用 I 型及 II 型门槽,其适用范围和体形参数如表 3。

表 3 平面闸门门槽的型式、形状参数和适用范围

槽型	图形	门槽几何形状的参数	适用范围
I		① 较优宽深比 $W/D=1.6\sim 1.8$; ② 合宜宽深比 $W/D=1.4\sim 2.5$; ③ 门槽初生空化数的经验公式为: $K_i=0.38(W/D)$ (公式适用于 W/D 为 $1.4\sim 3.5$)	① 泄水孔事故闸门门槽和检修闸门门槽; ② 水头低于 12 m 的溢流坝堰顶工作闸门门槽; ③ 电站进水口事故闸门、快速闸门门槽; ④ 泄水孔工作闸门门槽,当水流空化数 $K>1.0$ (约相当于水头低于 30 m 或流速小于 20 m/s)时
II		① 合宜宽深比 $W/D=1.5\sim 2.0$; ② 较优错距比 $\Delta/W=0.05\sim 0.08$; ③ 较优斜坡 $\Delta/X=1/10\sim 1/12$; ④ 较优圆角半径 $R=30\text{ mm}\sim 50\text{ mm}$ 或圆角比 $R/D=0.10$; ⑤ 门槽初生空化数 $K_i=0.4\sim 0.6$ (可根据已有科研成果及工程实例类比选用)	① 泄水孔工作闸门门槽,其水流空化数 $K>0.6$ (约相当水头为 30 m~50 m,或流速为 20 m/s~25 m/s)时; ② 高水头、短管道事故闸门门槽,其水流空化数 $K>0.4$ 且小于 1.0 时; ③ 要求经常部分开启,其水流空化数 $K>0.8$ 的工作闸门门槽; ④ 水头高于 12 m,其水流空化数 $K>0.8$ 的溢流坝堰顶工作闸门门槽

6.4.2 当门槽附近边界体形特殊,流态复杂或要求经常部分开启的工作闸门门槽,上述两种槽型无法适应时,可参照已建工程的运行经验并通过水工模型试验选择合适的门槽型式,以谋求增加门槽段水流空化数 K 值的合理措施或其他方法。

6.4.3 当水流空化数 $K<0.6$ (约相当于水头高于 60 m,或流速大于 30 m/s)时,除选用 II 型门槽或其他特殊槽型外,根据工程具体情况,在门槽上、下游一定范围内,宜采用钢板、低水灰比的高强度等级混凝土或其他抗蚀护面材料衬护;施工时要求体形准确,表面平整。

6.4.4 水流空化数 K 可用公式(20)计算:

$$K = \frac{(P_1 + P_a - P_v)/\gamma}{\frac{v^2}{2g}} \dots\dots\dots(20)$$

式中:

- P_1 ——紧靠门槽上游附近的断面平均压力,kPa;
- P_a ——大气压力,kPa,见图 2;
- P_v ——水的饱和蒸气压,kPa,见图 3;
- γ ——水的容重,kN/m³;
- v ——紧靠门槽上游附近断面的平均流速,m/s;
- g ——重力加速度,m/s²。

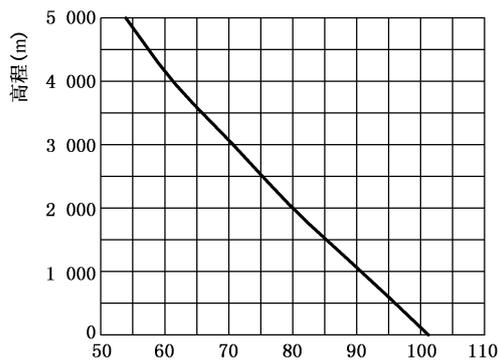


图2 大气压力与高程的关系曲线

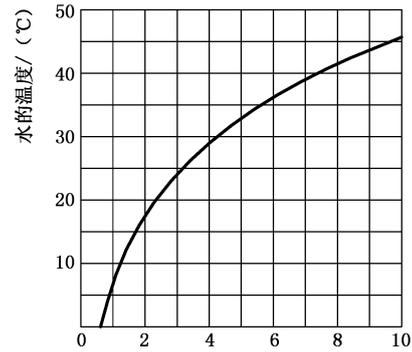


图3 水的饱和蒸汽压与温度的关系曲线

6.4.5 根据实际工程中门槽附近的水流空化数 K , 可选用合适的门槽型式。若 $K_i < K$, 则这种型式的门槽一般不致于发生空化。 $K > K_i$ 的安全裕度, 可根据闸门的重要性及工作条件选取安全系数 $n = 1.2 \sim 1.5$, 使 $K \geq nK_i$ 。

7 金属结构防腐

7.1 一般要求

7.1.1 水工金属结构设计应综合考虑结构的使用环境、运行工况、维护管理条件等因素, 通过技术经济比较论证后选定防腐方案。

7.1.2 金属结构的防腐可采用以下 3 种措施:

- a) 涂料保护;
- b) 金属热喷涂保护;
- c) 牺牲阳极阴极保护;

7.1.3 水工金属结构在涂装之前应进行表面预处理。

7.1.4 设计文件应明确规定表面预处理清洁度和表面粗糙度级别及质量评定标准。

7.2 涂料保护

7.2.1 防腐蚀涂层宜由底漆、中间漆和面漆组成。底漆应具备良好的附着力和防锈性能, 中间漆应有屏蔽性性能且与底、面漆结合良好, 面漆应具有耐候性和耐水性。

7.2.2 涂层系统的选择应根据所处环境进行。

7.3 金属热喷涂保护

7.3.1 金属喷涂层保护系统可包括金属喷涂层和涂料封闭层, 金属热喷涂和涂料的复合保护系统应在涂料封闭后, 涂覆中间漆和面漆。

7.3.2 热喷涂用金属丝应光洁、无锈、无油、无折痕, 其直径宜小于 3.0 mm。

7.3.3 金属热喷涂复合保护系统中金属涂层的厚度可根据所在环境因素决定。

7.3.4 封闭涂料应与金属喷涂层相容, 黏度较低且具有一定耐蚀性。

7.4 牺牲阳极阴极保护

7.4.1 牺牲阳极阴极保护设计前, 应收集以下资料, 必要时应进行现场勘测以下内容:

- a) 金属结构的设计和施工资料；
- b) 金属结构表面涂层的种类、状况和寿命；
- c) 金属结构的电连续性以及与水中其他金属结构的电绝缘情况；
- d) 介质的化学成分、PH 值、电阻率、污染状况及温度、流速、水位变化。

7.4.2 牺牲阳极阴极保护防腐应和涂料保护联合使用。

7.4.3 牺牲阳极阴极保护的金属结构应与水中其他金属结构电绝缘。

7.4.4 牺牲阳极阴极保护系统的实际使用年限可根据钢结构的设计使用年限或维修周期确定。

8 金属结构工程量

金属结构工程汇总内容应包括：

- a) 拦污栅、拦污栅栅槽、闸门、门槽的名称、规格、型式、孔口尺寸、设计水头、重量等；
- b) 清污机和启闭设备的名称、规格、型式、数量、启闭容量、启闭扬程、吊点距离、配套电动机功率、重量等；
- c) 门式启闭机或台车式启闭机还应说明启闭机跨度、轮距、配套轨道型号、轨道长度等。

附录 A
(资料性附录)
摩擦系数

表 A.1 摩擦系数

种类	材料及工作条件	系数值		
		最大	最小	
滑动摩擦系数	钢对钢(干摩擦)	0.5~0.6	0.15	
	钢对铸铁(干摩擦)	0.35	0.16	
	钢对木材(有水时)	0.65	0.3	
	钢基铜塑复合材料滑道及增强聚四氟乙烯板滑道对不锈钢,在清水中的压强 q	压强 $q > 2.5$ kN/mm	0.09	0.04
		压强 $q = 2.5$ kN/mm~2.0 kN/mm	0.09~0.11	0.05
		压强 $q = 2.0$ kN/mm~1.5 kN/mm	0.11~0.13	0.05
压强 $q = 1.5$ kN/mm~1.0 kN/mm		0.13~0.15	0.06	
压强 $q < 1.0$ kN/mm	0.15	0.06		
滑动轴承摩擦系数	钢对青铜(干摩擦)	0.30	0.16	
	钢对青铜(有润滑)	0.25	0.12	
	钢基铜塑复合材料对镀铬钢(不锈钢)	0.12~0.14	0.05	
止水摩擦系数	橡胶对钢	0.70	0.35	
	橡胶对不锈钢	0.50	0.20	
	橡塑复合水封对不锈钢	0.20	0.05	
滚动摩擦力臂	钢对钢	1 mm		
	钢对铸铁	1 mm		
注: 轨道工作面粗超度应达到 $R_a = 1.6 \mu\text{m}$, 滑道工作面粗超度应达到 $R_a = 3.2 \mu\text{m}$ 。				

附 录 B
 (资料性附录)
 半理论半经验公式系数

表 B.1 半理论半经验公式系数

管道类型	区间号	门后管道长度 管道净高度	F_r 的范围	$\beta = K(F_r - 1)^{[a \ln(F_r - 1) + b]} - 1$		
				K	a	b
设平面闸门的压力管道	I	6.10~10.66	3.96~20.30	1.158	0.112	-0.242
			3.87~3.960	1.015 4	0	0
	II	10.66~27.40	1.94~6.290	1.015 0	0.035	0.004
			1.61~1.940	1.015 2	0	0
	III	27.40~35.78	1.91~17.190	1.042	0.039	0.008
			1.38~1.910	1.041 3	0	0
	IV	35.78~77.00	1.08~15.670	1.130 0	0.028	0.144
	设弧形闸门的无压管道	V	6.10~10.66	4.57~32.590	1.342	0.173
3.49~4.570				1.015 3	0	0
VI		10.66~27.40	1.70~18.06	1.054 0	0.019	0.013
			1.56~1.70	1.051 5	0	0
VII		27.40~35.78	2.45~10.81	1.073	0.053	0.070
VIII		35.78~77.00	2.33~8.310	1.170	0.182	-0.019



**UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION**

Vienna International Centre
P.O. Box 300 · 1400 Vienna · Austria
Tel.: (+43-1) 26026-0
E-mail: info@unido.org
www.unido.org



**INTERNATIONAL NETWORK
ON SMALL HYDROPOWER**

136 Nanshan Road
Hangzhou · 310002 · P.R.China
Tel.: (+86-571)87132793
E-mail: secretariat@inshp.org
www.inshp.org